LORENC Augustyn Krzysztof[1]
SZKODA Maciej[2]

Rezerwowanie jako metoda zwiększenia gotowości i niezawodności floty pojazdów

WSTĘP

W procesach transportowych istotną rolę odgrywa problematyka zapewnienia ciągłości procesów przewozowych. Wszelkiego rodzaju wyłączenia pojazdu uniemożliwiające jego dalszą pracę są ryzykiem, które może spowodować niewykonanie zadania przewozowego. Taka sytuacja może spowodować opóźnienia w całości łańcucha transportowego, co w rezultacie będzie skutkowało koniecznością poniesienia kary finansowej zgodnie z ustaleniami umowy. Aby uniknąć takich sytuacji, dąży się do utrzymania współczynnika gotowości technicznej na odpowiednim poziomie. Wysoka jego wartość wskazuje na krótki czas trwania i małą liczbę przestojów spowodowanych przeglądami technicznymi, okresową obsługą i serwisem oraz nieplanowanymi naprawami. W praktyce zwiększenie współczynnika gotowości technicznej jest możliwe poprzez: inwestycje w nowoczesny tabor o dużej niezawodności, zwiększenie działań serwisowych lub zapewnienie pojazdów rezerwowych. Przy czym tylko zapewnienie rezerwy umożliwia szybką reakcję na nieprzewidziane sytuacje w trakcie przewozu ładunków.

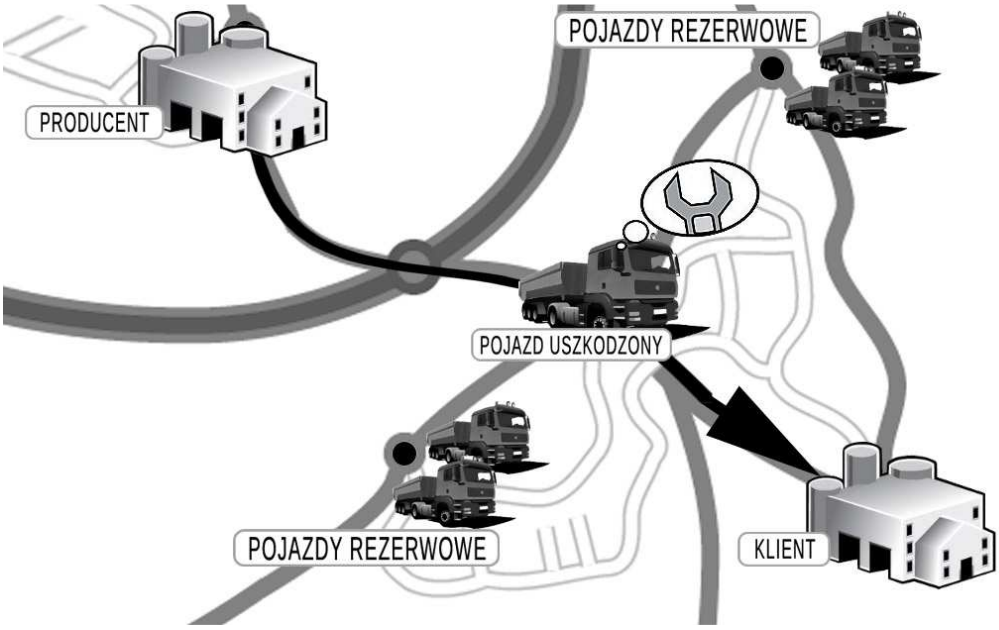
1. ZARZĄDZANIE FLOTĄ POJAZDÓW

Zarządzanie flotą pojazdów jest złożonym procesem, zwłaszcza w przedsiębiorstwach posiadających w dyspozycji wiele środków transportu. W zarządzaniu flotą duże znaczenie ma dobór odpowiedniego pojazdu do zadania. Jest to bardzo istotne, ponieważ niejednokrotnie typ przewożonego ładunku wymusza przydział wyłącznie określonego typu pojazdu. Taka sytuacja występuje dla towarów szybko psujących się, niebezpiecznych, sypkich i specjalnych. Również wielkość ładunku może wymuszać zastosowanie specjalnego typu naczep lub przyczep przedłużających długość pojazdu, np. w trakcie przewozu wiązek prętów. Przy takich procesach jak przydział pojazdu do zadania, należy, wychodząc od wymagań zdeterminowanych przez zadanie, wyznaczyć najpierw wszystkie pojazdy, które są w stanie je wykonać, a następnie spośród nich wybrać taki, którego maksymalne możliwości przewozowe byłyby najbardziej adekwatne do przewożonego ładunku [7]. Pozwala to uniknąć niepotrzebnych strat przestrzeni ładunkowej, czyli tak zwanego „wożenia powietrza". Innymi kryteriami należy się kierować w przypadku doboru samochodów osobowych dla działu sprzedaży, a innymi w przypadku samochodów ciężarowych dla dystrybucji towarowej [13].

Z punktu widzenia zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie, transport traktowany jest jako element pewnej całości [3]. Takie podejście gwarantuje odpowiedni stopień porozumienia poszczególnych uczestników wewnętrznego łańcucha logistycznego, jak również pozwala na pełną koordynację i optymalizację działań [2, 18]. Logistyka wymaga centralnego kierowania w skali firmy [1]. Prace logistyczne muszą być skoordynowane, a także zsynchronizowane z pozostałymi działaniami przedsiębiorstwa. Dlatego konieczna jest hierarchiczna organizacja służb logistycznych i scentralizowane kierowanie ich pracą. Im niższe ulokowanie logistyki w hierarchicznej strukturze przedsiębiorstwa, tym większe jest niebezpieczeństwo, że zadania logistyczne będą traktowane tylko jako funkcje dodatkowe [2].

[1] Mgr inż. A. K. Lorenc, asystent naukowo-dydaktyczny, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Zakład Systemów Logistycznych
[2] Dr inż. M Szkoda, adiunkt, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Zakład Systemów Logistycznych

W zarządzaniu flotą istotne jest nadzorowanie wszystkich pojazdów równocześnie, jak i każdego z osobna. Patrząc z perspektywy pojedynczego pojazdu można zauważyć dosyć wysoki poziom ryzyka wynikający z możliwości jego awarii, bądź uszkodzenia w wyniku kolizji z innymi pojazdami lub elementami infrastruktury. W takim przypadku, oprócz kosztów związanych z naprawą, pojawiają się koszty związane z niedotrzymaniem warunków umowy przewozu. Dysponując tylko jednym pojazdem przypisanym do określonego typu zadań nie ma możliwości uniknięcia tego typu sytuacji. W związku z tym będzie dochodziło do zwiększenia kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa. Natomiast w przypadku dysponowania grupy pojazdów mogących wykonywać podobne zadania, zmniejsza się ryzyko niedostarczenia ładunku w określone miejsce i w określonej ilości, ponieważ w sytuacji awarii danego środka transportu jest możliwość zastąpienia go innym, nawet bez dodatkowych opóźnień, jeśli awaria ma miejsce blisko punktu startowego. Jeśli doszłoby do awarii pojazdu na trasie, problem jest bardziej skomplikowany, jednak w większości przypadków możliwy do rozwiązania poprzez podstawienie innego pojazdu, który przejmie ładunek. Zarówno w transporcie drogowym, jak i kolejowym możliwe jest jednoczesne uniknięcie przeładunku towarów pomiędzy dwoma środkami transportu. Większość ładunków drogowych jest przewożona z wykorzystaniem ciągników siodłowych i naczep, zatem przepięcie naczepy pomiędzy dwoma pojazdami nawet na trasie nie stanowi dużego problemu. W transporcie kolejowym sytuacja przedstawia się jeszcze lepiej – ładunki są przewożone wagonami, zatem zawsze istnieje możliwość przepięcia lokomotywy. Aby mieć możliwość dokonania takiej podmiany konieczne jest posiadanie pojazdów rezerwowych. Oczywiście należy się liczyć z opóźnieniami w dostarczeniu ładunków w miejsce docelowe w przypadku takiego podstawienia. Opóźnienie będzie tym większe, im większa jest odległość pojazdu rezerwowego od pojazdu oczekującego na zastąpienie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat sytuacyjny odnoszący się do uszkodzenia pojazdu w trakcie transportu (opr. własne)

Zważywszy na globalizację i wzrost wymagań klientów, zarządzanie flotą pojazdów jest coraz bardziej istotne. Zleceniodawcy coraz częściej wymagają od firm transportowych dużej elastyczności, szybkości działania, a także kompleksowej obsługi związanej z przewozem każdej ilości towaru, o zróżnicowanych gabarytach, w sposób maksymalnie efektywny. Zadania przewozowe, określone potrzebami klientów charakteryzowane są trzema wielkościami [7]:

- rodzajem i ilością ładunków, które należy przewieźć,
- relacją wymaganego przemieszczania ładunków,
- terminem przemieszczania.

Głównym celem przedsiębiorstwa jest maksymalizacja zysku, aby go osiągnąć konieczne jest obniżanie kosztów działalności. Dlatego też firmy dążą do minimalizacji niewykorzystywanej części

floty pojazdów. Z jednej strony zatem powinno posiadać się rezerwę środków transportu będących w gotowości na wypadek awarii, pozwalających na zagwarantowanie dostarczenia produktów zgodnie z ustaleniami umowy, z drugiej zaś strony powinno dążyć się do minimalizacji takich rezerw będących dodatkowym kosztem dla przedsiębiorstwa. Konieczne jest zatem znalezienie kompromisu pomiędzy posiadaniem dużych rezerw pojazdów, a ich minimalizacją.

Pojęcie gotowości technicznej będącej cechą systemu transportowego wykorzystywane jest także do analizy tzw. systemów szybkiego reagowania w losowych chwilach użytkowania operacyjnego [17], np. siły lotnicze, pogotowie ratunkowe, straż pożarna czy systemy transportu zbiorowego – głównie miejskiego [12].

2. GOTOWOŚĆ I NIEZAWODNOŚĆ TECHNICZNA ŚRODKÓW TRANSPORTU

Ilościowo niezawodność środków transportu wyraża się za pomocą wskaźników niezawodności. Liczba stosowanych w praktyce wskaźników wynika z definicji niezawodności w sensie wartościującym. Zgodnie z normą PN-N-04000, niezawodność jest to właściwość charakteryzująca zdolność obiektu do wykonania określonych zadań w określonym przedziale czasu i określonych warunkach eksploatacji. W nowszym wydaniu tej normy, niezawodność definiowana jest jako zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią: nieuszkadzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi [12, 16].

Każdy środek transportu dla potrzeb badania i analizy niezawodności można zdefiniować jako uporządkowaną parę, która składa się ze skończonego i przeliczalnego zbioru elementów oraz struktury funkcjonalnej. Część elementów jest włączona szeregowo w strukturę pojazdu, inna liczba elementów jest włączona równolegle. Jeżeli element jest włączony w strukturę niezawodnościową pojazdu [5, 9, 19]:

- szeregowo, to uszkodzenie elementu powoduje uszkodzenie pojazdu,
- równolegle, to uszkodzenie elementu powoduje zmianę niektórych eksploatacyjnych charakterystyk systemu, przy której pojazd nie traci jeszcze zdatności.

Niezawodność środków transportu drogowego i kolejowego w eksploatacji charakteryzowana jest przede wszystkim przez:

- poprawność działania,
- trwałość,
- obsługiwalność,
- gotowość techniczną.

Każda z tych właściwości może zostać opisana zbiorem charakterystyk w sensie statystycznym. Definicje oraz wyrażenia matematyczne służące do ich wyznaczenia można znaleźć w profesjonalnej literaturze dotyczącej tego zagadnienia np.: [4, 5, 8, 10], jak również w normie PN-EN 61703 [11]. Jednym ze wskaźników charakteryzujących poprawność działania pojazdu jest funkcja niezawodności *R(t)* określająca prawdopodobieństwo poprawnej pracy dla czasu *t*:

$$R(t) = P\{T \geq t\} \tag{1}$$

gdzie:

T – jest zmienną losową określającą czas bezawaryjnej pracy (lub przebiegu) elementu, zespołu lub pojazdu

Niezawodność obiektów naprawialnych, tzn. takich, którym przywraca się sprawność, gdy ją utracą, a takim niewątpliwie są środki transportu, powinna być charakteryzowana zmienną kompleksową, uwzględniającą zarówno uszkadzalność pojazdu, jak i jego obsługiwalność [13]. Charakterystyką spełniającą te wymagania jest wskaźnik gotowości technicznej. Gotowość pojazdu *A(t)* definiowana jest jako prawdopodobieństwo tego, że w chwili *t* pojazd znajduje się w stanie zdatności [4]:

$$A(t) = 1 - F(t) + \int_0^t [1 - F(t-\tau)]h(\tau)d\tau \tag{2}$$

gdzie:

F(t) – dystrybuanta rozkładu prawdopodobieństwa czasu poprawnej pracy pojazdu,

H(t) – funkcja gęstości odnowy.

Powyższy wzór praktycznie rzadko jest wykorzystywany w praktyce ze względu na znaczny stopień komplikacji obliczeń. Zwykle stosuje się tzw. wskaźnik gotowości technicznej *A* definiowany, jako średni udział czasu, w którym pojazd przebywa w stanie zdatności [5, 15]:

$$A = \lim_{t \to \infty} A(t) \tag{3}$$

Skąd ostatecznie:

$$A = \frac{T_o}{T_o + U_o} \tag{4}$$

gdzie:

T_o – średni czas przebywania pojazdu w stanie zdatności,

U_o – średni czas przebywania pojazdu w stanie niezdatności.

Ze względu na to, że środki transportu podlegają obsługom bieżącym, jak również obsługom profilaktycznym (w szczególności środki transportu szynowego) wyróżniono dwa rodzaje gotowości technicznej [15]:

- gotowość operacyjną *(A_o)*, przy obliczeniach, której uwzględnia się czas przebywania pojazdu w stanie niezdatności wywołanym uszkodzeniem (naprawy bieżące),
- gotowość rzeczywistą *(A_R)*, przy obliczeniach, której uwzględnia się zarówno czas przebywania pojazdu w stanie niezdatności wywołanym uszkodzeniem, jak i czas przebywania pojazdu w obsłudze profilaktycznej (poziomy utrzymania).

W celu dokonania oceny gotowości floty pojazdów, w określonym przedziale czasu *(0, t)*, np.: pomiędzy naprawami okresowymi, gotowość operacyjną można oszacować ze wzoru:

$$A_O = \frac{\sum_{i=1}^{N} TZ_i}{\sum_{i=1}^{N} TZ_i + \sum_{i=1}^{N} TN_i} \tag{5}$$

gdzie:

TZ_i – czas przebywania pojazdu o numerze *i* w stanie zdatności,

TN_i – czas przebywania pojazdu o numerze *i* w stanie niezdatności z powodu obsług bieżących,

N – liczność próby pojazdów pobranych do badań.

Gotowość rzeczywistą natomiast:

$$A_R = \frac{\sum_{i=1}^{N} TZ_i}{\sum_{i=1}^{N} TZ_i + \sum_{i=1}^{N} TN_i + \sum_{i=1}^{N} TO_i} \tag{6}$$

gdzie:

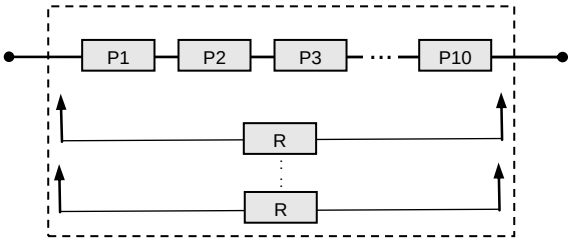
TO_i – czas przebywania pojazdu o numerze *i* w stanie niezdatności z powodu obsług profilaktycznych, pozostałe oznaczenia j.w.

3. REZERWOWANIE ŚRODKÓW TRANSPORTU

Jednym ze sposobów zwiększenia gotowości i niezawodności środków transportu jest rezerwowanie. Rezerwowanie polega na tym, że do pojazdów podstawowych dołącza się jeden lub kilka pojazdów rezerwowych, które spełniają funkcje obiektu podstawowego, pracując jednocześnie z nim lub po włączeniu na jego miejsce w miarę występowania kolejnych niesprawności obiektu podstawowego i rezerwowych. W odniesieniu do pojazdów samochodowych oraz środków transportu szynowego rezerwowanie może być realizowane poprzez wykorzystanie pojazdów rezerwowych w sytuacji:

- wykonywania napraw i przeglądów okresowych związanych z utrzymaniem pojazdów podstawowych;
- wykonywania napraw bieżących, wynikających z zawodności pojazdów podstawowych.

Zgodnie z teorią niezawodności tego typu rezerwowanie można zamodelować strukturą niezawodnościową z rezerwą nieobciążoną. Przykład takiej struktury dla 10 pojazdów podstawowych przedstawiono na rysunku 2. W strukturze tej pojazdy rezerwowe są w stanie oczekiwania, a więc nie są obciążone, aż do chwili włączenia ich do pracy na miejsce niesprawnego pojazdu podstawowego.



Rys. 2. Struktura niezawodnościowa z rezerwą nieobciążoną: P1÷P10 pojazdy podstawowe, R – pojazdy rezerwowe (opr. własne)

Struktury niezawodnościowe z rezerwą nieobciążoną stosowane są w przypadku systemów, od których wymaga się bardzo wysokiej niezawodności i gotowości. W analizie tych systemów najczęściej zakłada się, że obiekty rezerwowe nie mogą ulec uszkodzeniom, gdy nie pracują i że przebywanie obiektu w stanie, w którym nie pracuje, nie wpływa na jego niezawodność. Poza tym zakłada się, że czas w przeciągu, którego obiekt uszkodzony zostaje zamienionym elementem rezerwowym, jest praktycznie równy zeru oraz urządzenie przełączające jest absolutnie niezawodne. Dla takich założeń funkcja niezawodności systemu *R(t)* składającego się z dwóch elementów: jednego podstawowego i jednego rezerwowego, może być wyrażona jako [8]:

$$R(t) = R_1(t) + \int_0^t f_1(x) R_2(t-x)\,dx \tag{7}$$

gdzie:
$R_1(t)$ – funkcja niezawodności elementu podstawowego w chwili *t*,
$R_2(t)$ – funkcja niezawodności elementu rezerwowego w chwili *t*,
$f_1(t)$ – funkcja gęstości prawdopodobieństwa elementu podstawowego w chwili *t*,
x – chwila uszkodzenia elementu podstawowego.

Zdarzenie polegające na tym, że czas poprawnej pracy systemu wynosi *t*, może być osiągnięty na dwa sposoby:

1. Czas poprawnej pracy T_1 elementu podstawowego będzie większy lub równy *t* ($T_1 \geq t$);

lub

2. Uszkodzenie elementu podstawowego nastąpi w chwili *x* ($0 \leq x \leq t$), w której funkcje podstawowe przejmuje element rezerwowy i pracuje w czasie nie krótszym niż $t - x$.

Rozważając system, w którym występuje *n* elementów, równanie (7) przyjmuje postać [6]:

$$R(t) = R_1(t) + \int_0^t f_1(x_1) R_2(t - x_1) dx_1 + \int_0^t f_1(x_1) \int_0^{t-x_1} f_2(x_2) R_3(t - x_1 - x_2) dx_2 dx_1 + \ldots$$
$$\ldots + \int_0^t f_1(x_1) \int_0^{t-x_1} f_2(x_2) \int_0^{t-x_1-x_2} f_3(x_3) \ldots \int_0^{t-x_1-x_2-\ldots-x_{n-2}} f_{n-1}(x_{n-1}) R_n(t - x_1 - \ldots - x_{n-1}) dx_{n-1} \ldots dx_2 dx_1 \quad (8)$$

gdzie:
$R_i(t)$ – funkcja niezawodności elementu *i* w chwili *t*,
$f_i(t)$ – funkcja gęstości prawdopodobieństwa elementu *i* w chwili *t*,
x – chwila uszkodzenia elementu *i*.

4. SYMULACJA ZWIĘKSZENIA GOTOWOŚCI I NIEZAWODNOŚCI FLOTY POJAZDÓW

Celem symulacji gotowości i niezawodności floty 10 pojazdów jest obliczenie niezbędnej liczby pojazdów rezerwowych, które zapewniają wartość wskaźnika gotowości floty na poziomie $A_R=98,8\%$ w ujęciu rocznym oraz wskaźnika niezawodności floty na poziomie $R(t)=0,85$ w czasie eksploatacji $t=2190,0$ godz. (jeden kwartał).

4.1. Scenariusz 1: pojazdy rezerwowe stacjonują poza miejscami przeprowadzenia zabiegów utrzymania profilaktycznego i bieżącego

W scenariuszu 1 założono, że czas zastąpienia pojazdu podstawowego przez pojazd zastępczy wynosi *MDT=24,0* godziny. Ponadto, dla potrzeb symulacji założono, że wskaźnik gotowości technicznej pojedynczego pojazdu podstawowego oraz rezerwowego w roku eksploatacji wynosi: $A_R=92,0\%$. Sumaryczny czas niezdatności związany z naprawami bieżącymi i obsługami profilaktycznymi wynosi: *TN=700,8* godz./rok. Do symulacji wskaźnika niezawodności *R(t)* przyjęto, że czas poprawnej pracy pojazdu podstawowego i rezerwowego ma rozkład wykładniczy o parametrze $\lambda=4,9068\times10^{-4}$ [1/godz.], a oczekiwany czas odnowy *MTTR=109,5* godz.

Uwzględniając powyższe założenia i wykorzystując specjalistyczne oprogramowanie firmy ReliaSoft, przeprowadzono symulację wskaźnika gotowości technicznej i niezawodności dla floty 10 pojazdów. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki symulacji wskaźnika gotowości i niezawodności floty pojazdów

L.p.	Liczba pojazdów podstawowych *n*	Liczba pojazdów rezerwowych *k*	Wskaźnik gotowości technicznej floty pojazdów A_R	Wskaźnik niezawodności floty pojazdów *R(t)*
1	10	1	81,81	0,01
2		2	93,38	0,01
3		3	96,33	0,01
4		4	96,93	0,02
5		5	97,01	0,02
6		10	97,04	0,03

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zastosowanie nawet 10 pojazdów rezerwowych nie zapewnia docelowych poziomów wskaźnika gotowości technicznej oraz wskaźnika niezawodności dla całej floty pojazdów.

4.2 Scenariusz 2: pojazdy rezerwowe stacjonują w miejscach przeprowadzenia zabiegów utrzymania profilaktycznego i bieżącego

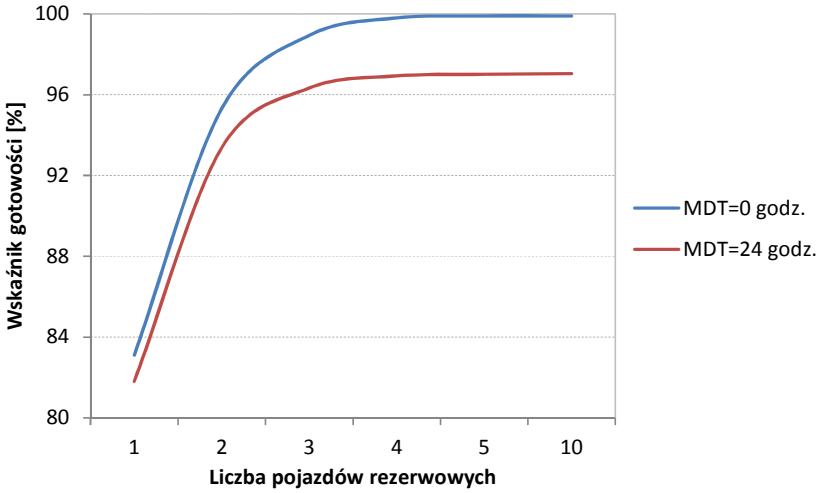
W kolejnym etapie analizy uwzględniono scenariusz 2, w którym założono, że pojazdy rezerwowe stacjonują w miejscu przeprowadzenia zabiegów utrzymania profilaktycznego i bieżącego. Pozwala to

na przyjęcie założenia, że czas zastąpienia pojazdu podstawowego przez pojazd rezerwowy może być bliski zeru: *MDT = 0,0 godz.* Pozostałe założenia są identyczne jak w scenariuszu 1.

Wyniki symulacji wskaźnika gotowości i niezawodności dla floty 10 pojazdów zestawiono w tabeli 2. Na rysunku 3 i 4 przedstawiono porównanie otrzymanych wartości wskaźników gotowości i niezawodności dla dwóch analizowanych scenariuszy.

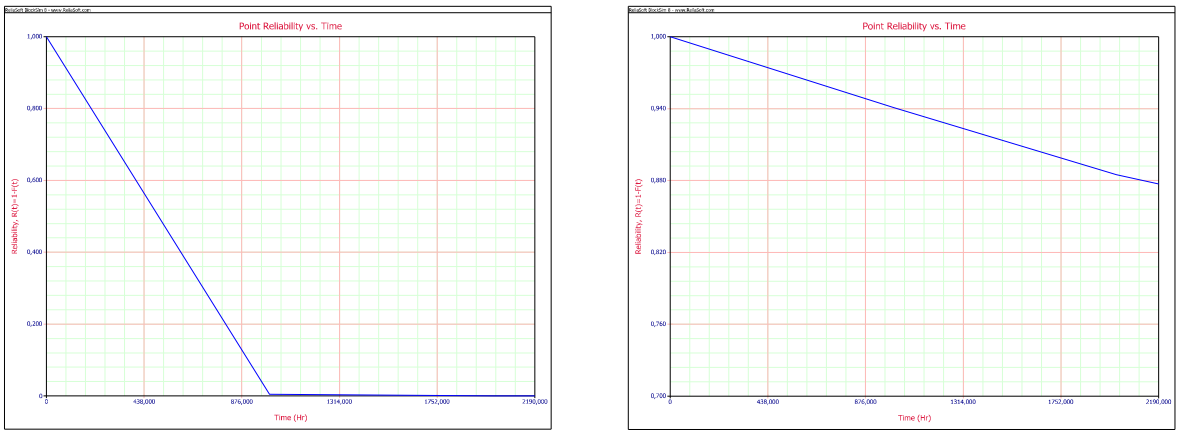
Tab. 2. Wyniki symulacji wskaźnika gotowości i niezawodności floty pojazdów

L.p.	Liczba pojazdów podstawowych *n*	Liczba pojazdów rezerwowych *k*	Wskaźnik gotowości technicznej floty pojazdów A_R	Wskaźnik niezawodności floty pojazdów *R(t)*
1	10	1	83,11	0,034
2		2	95,32	0,445
3		**3**	**98,94**	**0,877**



Rys. 3. Wskaźnik gotowości A_R dla floty 10 pojazdów w zależności od liczby pojazdów rezerwowych

a) b)



Rys. 4. Wskaźnik niezawodności R(t) dla t=2190,0 godz. dla floty 10 pojazdów a) scenariusz 1 MDT=24,0 godz., b) scenariusz 2 MDT=0,0 godz.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że jeżeli czas zastąpienia pojazdu podstawowego przez pojazd zastępczy jest bliski zeru, to zastosowanie trzech pojazdów rezerwowych zapewnia wskaźnik gotowości technicznej całej floty na poziomie A_R*=98,94%* rocznie, co stanowi wartość wyższą od zakładanej (98,8%). Wprowadzenie trzech pojazdów rezerwowych zapewnia także wskaźnik niezawodności floty na poziomie *R(t)=0,877* w czasie eksploatacji *t=2190,0* godz. (jeden kwartał), co

stanowi wartość wyższą od zakładanej (0,85). Warunkiem osiągnięcia zdeklarowanych wartości wskaźnika gotowości i niezawodności jest stacjonowanie pojazdów rezerwowych w miejscach wykonywania zabiegów utrzymania profilaktycznego i bieżącego pojazdów podstawowych.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza wskaźnika gotowości technicznej i wskaźnika niezawodności dla floty 10 pojazdów wskazuje, że założone wartości możliwe są do osiągnięcia jedynie w przypadku wprowadzenia rezerwy nieobciążonej w liczbie 3 pojazdów. Ponadto wykazano, że warunkiem osiągnięcia założonych wartości wskaźnika gotowości i niezawodności jest stacjonowanie pojazdów rezerwowych w miejscach wykonywania zabiegów utrzymania profilaktycznego i bieżącego pojazdów podstawowych. W dalszych pracach, przeprowadzona symulacja powinna być uzupełniona o ocenę aspektów ekonomicznych takiego rozwiązania. Ilostan pojazdów rezerwowych stanowiący ponad 30% ilostanu pojazdów podstawowych wymaga zaangażowania dodatkowych nakładów na poziomie około 1/3 wartości dziesięciu pojazdów.

Streszczenie

Z punktu widzenia logistyki zarządzanie flotą pojazdów odgrywa dużą rolę. Każda awaria pojazdu może skutkować niedowiezieniem produktów do celu, a to z kolei wiąże się z karami finansowymi dla przedsiębiorstwa z tytułu niewywiązania się z umowy o przewóz. W niniejszym artykule omówiono wpływ zapewnienia pojazdów rezerwowych na gotowość i niezawodność floty pojazdów. Rezerwowanie jest jedną z metod pozwalającą na utrzymanie odpowiedniego poziomu gotowości technicznej i niezawodności floty pojazdów. Dokonując analizy wariantu z jednym punktem stacjonowania pojazdów rezerwowych i wiążącym się z tym długim czasem podmiany pojazdów oraz wariantu z kilkoma punktami stacjonowania i czasie oczekiwania na podmianę bliskim zeru wykazano, że nawet duża liczba pojazdów rezerwowych nie pozwoli na osiągnięcie oczekiwanego poziomu gotowości i niezawodności jeśli będą one stacjonowały tylko w jednym punkcie. Istotne jest natomiast zmniejszenie czasu podmiany pojazdów co jest możliwe przez rozmieszczenie pojazdów rezerwowych w kilku miejscach na terenie kraju.

Reserving as a method to increase availability and reliability of vehicles fleet

Abstract

From the logistics point of view, fleet management plays a major role. Vehicle's breakdown can result in failure to deliver the products at the customer, and it is associated with financial penalties for the company due to non-performance of the contract of carriage. In this paper discusses the impact of the reserve vehicles to ensure readiness and reliability of the fleet. Reserve is one way as to keep proper level of technical readiness and reliability of the fleet. While analyzing the variant with a single point of stationing reserves vehicles and the long-time replacement of vehicles and a variant with a few points of stationing and time for replacements close to zero shown that even a large number of vehicles reserve will not achieve the expected level of readiness and reliability if they are stationed at one point only. On the other hand, it is important to reduce the replacements time of vehicles which is possible by the arrangement of reserve vehicles in several locations across the country.

BIBLIOGRAFIA

1. Coyle J., Bardi E., Langley J., Zarządzanie Logistyczne, PWE, Warszawa 2002.
2. Dmowski A., Praktyczne aspekty zarządzania flotą w przedsiębiorstwie branży spożywczej, Eksploatacja i niezawodność nr 3/2008.
3. Gajewska T., Kryteria oceny jakości usług logistycznych, w: Zarządzanie jakością - doskonalenie organizacji, pod red. T. Sikory, Wyd. Naukowe PTTŻ, Kraków 2010.
4. Gniedenko B.W., Bielajew J.K., Sołowiew A.D., Metody matematyczne w teorii niezawodności, WNT, Warszawa 1968.

5. Hebda M., Janicki D., Trwałość i niezawodność samochodów w eksploatacji, WKiŁ, Warszawa 1977.
6. Kuo W., Zuo M.J., Optimal reliability modeling: principles and applications. John Wiley & Sons, 2003.
7. Lorenc A., Model of Container Transport System in Long Distance Freightage – Analysis and Optimalization of Supply Chain, Logistics and Transport 4(20)/2013.
8. Manzini R., Regattieri A., Pham H., Ferrari E., Maintenance for Industrial Systems, Springer, 2010.
9. Młynarski S., Oprzędkiewicz J., Systemowe rozwiązania zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności obiektów technicznych, Problemy Eksploatacji 3/2012, 39-54.
10. O'Connor P., Practical Reliability Engineering, 4th Edition. John Wiley & Sons Ltd., 2010.
11. PN-EN 61703 Wyrażenia matematyczne dotyczące nieuszkadzalności, gotowości, obsługiwalności i zapewnienia środków obsługi.
12. Rymarz J., Niewczas A., Ocena gotowości technicznej autobusów komunikacji miejskiej na przykładzie miejskiego przedsiębiorstwa komunikacji w Lublinie, Czasopismo Techniczne 4-M/2012, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.
13. Stajniak M., Foltyński M., Hajdul M., Krupa A., Transport i spedycja, ILiM Poznań 2007.
14. Szkoda M., Metoda oceny trwałości i niezawodności kolejowych systemów przestawczych. Rozprawa doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
15. Szkoda M., Wskaźniki niezawodności środków transportu szynowego, Logistyka 3/2012.
16. Szkoda M., Assessment of Reliability, Availability and Maintainability of Rail Gauge Change Systems, Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability 2014 (w druku).
17. Wojciechowski Ł., Cisowski T., Grzegorczyk P, Metody zarządzania flotą samochodową w firmie, Autobusy 6/2010.
18. Woropay M., Szubartowski M., Migawa K., Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym, Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
19. Zając G., Kaczor G., Analiza niezawodności wtryskiwaczy, Czasopismo Techniczne Mechanika 7-M/2012. Zeszyt 14, 327-334.

Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu
EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego
ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju